

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 *Smart Grid***

Dunia modern membutuhkan listrik berkualitas tinggi. Hal ini karena banyak industri yang membutuhkan kualitas tinggi, seperti manufaktur *mikroprosesor*, manufaktur elektronik, dan banyak perangkat sensitif yang digunakan oleh manusia. Oleh karena itu, sangat penting bagi perusahaan utilitas untuk menyediakan daya listrik yang lebih murah, aman, dan berkualitas tinggi untuk semua orang. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, smart grid dapat diterapkan (M. S. Thomas 2015).

Pada dasarnya, Untuk membentuk platform layanan pelanggan, *Smart Grid* melapisi sistem tenaga listrik secara fisik dengan sistem informasi yang menghubungkan berbagai peralatan dan aset dengan sensor. Ini memungkinkan pelanggan dan utilitas untuk terus memantau dan mengubah penggunaan listrik (J. Lu, D. Xie 2009).

##### **A. Definisi *Smart Grid***

Karena pengembangan *smart grid* berbeda-beda di setiap negara dan lingkungan, dan tidak ada definisi yang jelas untuk ide ini selama proses pengembangannya. Menurut Komite Elektroteknik Internasional (IEC), *smart grid* adalah konsep modernisasi jaringan listrik yang memungkinkan penambahan teknologi smart grid untuk membuat jaringan lebih fleksibel, interaktif, dan mampu memberikan umpan balik secara real time. Jaringan cerdas ini memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan tindakan dari semua pengguna yang

terhubung dengan pembangkit, konsumen, dan para pelaku dalam rangka penyediaan yang berkelanjutan, ekonomis, dan berkelanjutan (—IEC - Smart grid).

Menurut Badan Energi Internasional (IEA), jaringan cerdas (smart grid) adalah jaringan listrik yang menggunakan teknologi digital canggih untuk melacak dan mengelola aliran listrik dari semua sumber daya. Jaringan ini dapat memenuhi berbagai kebutuhan listrik pengguna akhir. Jaringan cerdas menggabungkan kebutuhan dan kemampuan semua pembangkit listrik, memindahkan dan mendistribusikan sumber daya ke seluruh sistem, mengirimkan listrik ke pengguna akhir, dan melibatkan operator jaringan serta pemangku kepentingan pasar listrik (IEA 2011).

#### **B. Teknologi *Smart Grid***

Memfasilitasi partisipasi pelanggan dalam pengambilan keputusan atau pengambilan keputusan, serta pembentukan lingkungan operasi dimana pengguna listrik dan utilitas mempengaruhi satu sama lain (N. Phuangpornpitak, tahun 2013). Smartgrid menggunakan layanan dan produk inovatif bersamaan dengan teknologi pengawasan cerdas, pengendalian, komunikasi, dan pemulihan autonom untuk: mempermudah penghubungan serta pengoperasian pada generator yang beragam ukuran dan teknologi; memberikan lebih banyak pilihan dan informasi kepada konsumen; serta secara drastis meminimalkan dampak lingkungan dari keseluruhan sistem kelistrikan. Jaringan pintar berbeda dibandingkan jaringan listrik konvensional sebagai jaringan listrik yang lebih mutakhir. Gambar menggambarkan berbagai perubahan. (M.S.Thomas 2015). Teknologi *smartgrid* memiliki berbagai pilihan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing wilayah. *Smartgrid* akan mengurangi pencurian dan meningkatkan efisiensi jaringan dan

penggunaan. Mereka juga akan memungkinkan sumber daya energi pembangkitan tersebar digunakan secara optimal (G. N. Jadhav 2012).

## 2.2 *Microgrid*

*Microgrid* adalah sistem yang menggabungkan teknologi ini dengan *switch gear* otomatis, manajemen beban, dan sistem energi terbarukan. *Microgrid* biasanya menggunakan tegangan rendah. Biasanya, mereka terhubung ke jaringan (*grid-connection*) dan tidak terhubung ke jaringan (*islanded*). Mereka juga dapat memanfaatkan aliran daya dua arah, yaitu dari jaringan menuju sistem *microgrid* dan dari jaringan menuju sistem *microgrid*. sehingga dapat meningkatkan keandalan dan menjadi lebih ramah lingkungan karena menggunakan energi terbarukan. Sistem pembangkit lokal dan beban listrik yang saling terhubung disebut *microgrid*.

Sistem *Microgrid* sangat andal, bahkan lebih dari penyalur listrik lokal. Pengguna akhir energi listrik seringkali membutuhkan layanan berkelanjutan bahkan dalam situasi ekstrim seperti badai dan gempa bumi. Selain itu, gangguan di sistem jaringan distribusi dapat menyebabkan pemadaman "rutin" di jaringan listrik, yang mengganggu pasokan listrik ke beban pelanggan. Dalam kondisi ekstrim, sangat penting untuk menjaga aliran listrik ke beban tetap mengalir.

*Microgrid* menjadi ide yang menarik untuk memenuhi kebutuhan energi yang meningkat dan mengatasi polusi udara. Mikrojaringan biasanya memiliki inverter yang menghubungkan sumber energi terdistribusi (DER) dengan jaringan utilitas, sehingga karakteristik stabilitas *Microgrid* jauh berbeda dari jaringan konvensional. Menurut Susanto (2014), pengembangan jaringan mikro berkonsentrasi pada pengembangan teknologi, desain, dan elektronika daya, serta

sistem kontrol dan perlindungan. Makalah ini membahas studi kasus pengembangan sistem microgrid menggunakan *grid tie inverter* dan berbagai kemajuan teknologi yang terkait dengannya.

*Microgrid* dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan kaskade energi dan menawarkan cara teknis baru untuk aplikasi berskala besar dari pembangkit energi baru dan terbarukan yang terhubung ke jaringan. Mereka juga dapat berfungsi sebagai pelengkap jaringan listrik, meningkatkan keandalan pasokan listrik dan kualitas daya.

### **2.3 Sumber Energi Listrik**

Sumber tenaga listrik umumnya dibedakan menjadi berbagai jenis sumber energi utama dan dikelompokkan menjadi dua kategori: energi tradisional dan energi yang dapat diperbaharui.

#### **1. Energi Konvensional**

Energi konvensional adalah energi yang diperoleh dari sumber yang tidak dapat diregenerasi dan hanya tersedia dalam jumlah sedikit di Bumi. Sumber-sumber ini akan habis dengan cepat atau lambat dan berdampak buruk pada lingkungan karena mencemari udara, air, dan tanah, mengurangi standar hidup dan kesehatan. Bensin, solar, gas likuid petroleum (LPG), batu bara, gas alam, dan uranium adalah beberapa contoh sumber energi primer konvensional.

#### **2. Energi Terbarukan**

Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan secara terus menerus dari sumber alam seperti matahari, angin, dan air. Karena panel surya merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di Bumi, sumbernya tidak

merugikan lingkungan. Dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas industri di setiap bidang ekonomi negara, kebutuhan energi terus meningkat. Kebutuhan energi yang meningkat tidak sejalan dengan ketersediaan sumber daya. Akibatnya, sumber daya energi fosil menjadi sumber daya utama di Indonesia, meskipun sumber daya fosil semakin menipis dan tidak mencukupi lagi untuk memenuhi permintaan. Untuk mengatasi kelangkaan sumber daya dan mempertahankan ketahanan, sumber daya terbarukan yang melimpah diharapkan untuk menggantikan sumber daya fosil yang semakin menipis.

#### **2.4 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Teknologi *photovoltaic* (PV) baru-baru ini menjadi populer di seluruh dunia. Jumlah energi yang dikonsumsi di seluruh dunia mencapai 19.710 milyar kilowatt-jam per tahun pada tahun 2016, menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam pembangkitan energi PV sejak 2010. Ada dua jenis sistem yaitu PLTS yang terhubung ke jaringan PLN (*on grid*), dan PLTS yang tidak terhubung ke jaringan PLN:

1. PLTS *On-Grid*

Sistem PLTS On-Grid beroperasi dengan mekanisme ini: elemen panel surya mengkonversi sinar matahari menjadi tenaga listrik DC, kemudian inverter mengubah tenaga listrik DC menjadi tenaga listrik AC, yang dihubungkan dengan jaringan PLN. Apabila terdapat surplus energi yang dihasilkan oleh PLTS, maka surplus tersebut akan dikirimkan ke jaringan PLN.

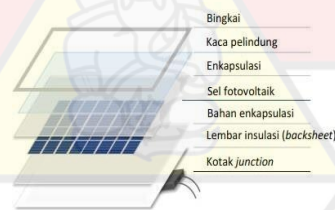
2. PLTS *Off-Grid*

Sistem kerja PLTS *Off-Grid* sederhana terdiri dari komponen panel surya yang mengubah dari energi matahari menjadi energi listrik DC. Energi DC

ini kemudian disimpan di baterai sebelum grid inverter mengubah energi listrik DC menjadi energi listrik AC, yang dapat digunakan untuk beban AC.

## 2.5 Panel Surya

Panel *photovoltaic* terhubung secara seri dan membentuk modul *photovoltaic*. Panel-panel terhubung melalui kawat busbar yang dilindungi oleh bahan pelapis atau enkapsulasi. Bahan ini melindungi panel-panel dari kekuatan mekanik yang dapat merusak panel tipis di luar. Tegangan dan arus (V-I) adalah indikator kinerja modul *photovoltaic* dalam kelistrikan. Kurva yang menunjukkan operasi tegangan dan arus modul *photovoltaic* pada sinar matahari dan suhu tertentu. Modul *photovoltaic* adalah komponen utama dari sebuah PLTS, jadi sangat penting bahwa modul *photovoltaic* berkualitas tinggi untuk mempertahankan operasional sistem.



Gambar 2.1 Bagian bagian panel photovoltaic

Keterangan dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

1. Konstruksi bingkai menggunakan aluminium anodized yang dirancang untuk mencegah korosi. Dengan demikian, pemasangan bingkai dilakukan setelah proses produksi selesai, dan bingkai berfungsi untuk menjamin kekuatan panel.
2. Kaca pelindung yaitu melindungi dari panel *photovoltaic* dilingkungan dan

memastikan kekokohan dari panel, maka fungsi tersebut kaca pelindung mengambil proporsi tertinggi dari total berat modul *photovoltaic*.

3. *Enkapsulasi* atau *laminasi* yaitu lapisan yang terletak antara kaca pelindung dan panel *photovoltaic*. Panel *photovoltaic* yang dilindungi dari kerusakan mekanis melalui *laminasi*, yang juga mengisolasi tegangan dari komponen lain dalam modul. Biasanya, laminasi menggunakan *ethylene-vinylacetate* (EVA).
4. Modul *photovoltaic* memiliki elemen penting yaitu panel *photovoltaic*. Panel yang dibuat dari material semi konduktor ini berfungsi untuk menerima dan mengkonversi sinar matahari menjadi tenaga listrik. Dengan menggunakan kawat busbar, panel yang terhubung secara seri sebanyak sebelas menghasilkan tegangan yang lebih besar secara keseluruhan. Material yang digunakan untuk panel *fotovoltaik* biasanya adalah silikon, seperti *polikristalin* dan *monokristalin*.
5. Selubung belakang terbuat dari bahan polimer yang berfungsi sebagai pelindung dan secara elektrik memisahkan panel-panel dari kelembaban yang disebabkan oleh cuaca.
6. Box penghubung berfungsi sebagai titik terminal untuk mengaitkan panel *fotovoltaik* dengan beban atau panel tambahan. Satu set yang mencakup kawat busbar dari sirkuit panel *fotovoltaik*, kabel, dan diode *bypass*.

## 2.6 *Inverter*

Inverter adalah bagian dari PLTS yang mengubah tegangan arus searah (DC) menjadi tegangan arus bolak-balik (AC). Fungsinya adalah untuk mengubah tagangan DC menjadi tegangan keluaran arus bolak-balik (AC) yang simetris

dengan magnitudo dan frekuensi yang diinginkan pengguna. Dengan masukan tegangan DC tetap dan tidak terkontrol, tegangan keluaran inverter dapat berubah-ubah atau tetap dengan memvariasikan penguatan inverter. Sebaliknya, dengan memberikan masukan tegangan DC yang konstan dan tanpa pengaturan, tegangan yang dihasilkan oleh inverter dapat berfluktuasi dengan mengubah tingkat amplifikasi inverter. Beberapa inverter biasanya menyertakan masukan multi-string, yang memungkinkan penggabungan lebih dari satu string tanpa menggunakan kotak penggabung tambahan..

## 2.7 Penghantar DC

Untuk mengetahui penghantar DC yang diperlukan untuk menerapkan PLTS, nilai arus maksimal dari *array* surya harus dihitung dengan menggunakan persamaan berikut. Penentuan luas. Karena kabel akan dimasukkan ke dalam conduit untuk perlindungan tambahan, penampang kabel yang dipilih mengacu pada metode *instalasi* B1. Berdasarkan (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011, 2011)

## 2.8 Spesifikasi Penghantar AC

Panel AC *Disconnecting* berfungsi untuk mengantarkan dan memutus daya *input* dari *inverter* menuju panel AC yang kemudian disalurkan ke panel *Low Voltage Main Distribution* Panel Perancangan PLTS ini membutuhkan nilai arus maksimal keluaran dari *inverter*. Kemudian, menggunakan perhitungan, kuat hantar arus kabel yang diperlukan.